

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1918-1919. — N° 11

LA LUTTE
CONTRE LES
ÉMANATIONS GAZEUSES
en guerre de mine

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 26 mars 1919

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jean-Raymond DEFAYE

ÉLÈVE DE L'ÉCOLE DU SERVICE DE SANTÉ MILITAIRE

MÉDECIN-AIDE-MAJOR

Né à Guéret (Creuse), le 7 janvier 1892.



LYON

ASSOCIATION TYPOGRAPHIQUE LYONNAISE

H. GABRION, DIRECTEUR, RUE DE LA BARRE, 12

1919

LA LUTTE

CONTRE LES

ÉMANATIONS GAZEUSES

en guerre de mine

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1918-1919. — N° 11

LA LUTTE

CONTRE LES

ÉMANATIONS GAZEUSES

en guerre de mine

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 26 mars 1919

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

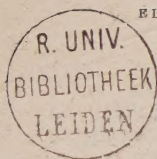
PAR

Jean-Raymond DEFAYE

ÉLÈVE DE L'ÉCOLE DU SERVICE DE SANTÉ MILITAIRE

MÉDECIN AIDE-MAJOR

Né à Guéret (Creuse), le 7 janvier 1892.



LYON

ASSOCIATION TYPOGRAPHIQUE LYONNAISE

H. GABRION, DIRECTEUR, RUE DE LA BARRE, 42

1919

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. HUGOUNENQ DOYEN.
ROQUE ASSESEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, SOULIER, CAZENEUVE, LÉPINE, PIERRET,
BEAUVISAGE, LACASSAGNE

PROFESSEURS

Cliniques médicales.	}	MM. TEISSIER.
Cliniques chirurgicales.		ROQUE.
Clinique obstétricale et Accouchements.		BARD.
Clinique ophtalmologique.		TIXIER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.		BERARD.
Clinique des maladies nerveuses et mentales.		FABRE.
Clinique des maladies des enfants.		ROLLET.
Clinique des maladies des femmes.		NICOLAS.
Physique médicale.		LÉPINE (J.).
Chimie biologique.		WEILL.
Chimie organique et Toxicologie.		POLLOSSON (A.)
Matière médicale et Botanique.		CLUZET.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.		HUGOUNENQ.
Anatomie.		MOREL.
Anatomie générale et Histologie.		MOREAU.
Physiologie.		GUIART.
Pathologie interne.		TESTUT.
Pathologie et Thérapeutique générales.		X...
Anatomie pathologique.		DOYON.
Médecine opératoire.		COLLET.
Médecine expérimentale et comparée.		X...
Médecine légale.		PAVIOT.
Hygiène.		POLLOSSON (M.)
Thérapeutique.		COURMONT (P.)
Pharmacologie.		ETIENNE MARTIN.
		X.
		PIC.
		FLORENCE.

PROFESSEURS ADJOINTS

Maladies des oreilles, du nez et du larynx.	MM. LANNOIS.
Pathologie externe.	VALLAS.
Maladies des voies urinaires.	ROCHET.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Chimie minérale.	MM. BARRAL,	agrégé
Propédeutique de gynécologie.	CONDAMIN,	—
Chirurgie infantile.	NOVE-JOSSERAND,	—
Accouchements.	COMMANDEUR,	—
Embryologie.	LATARJET,	—
Anatomie topographique.	PATEL,	—
Botanique.	BRETIN,	—
Chirurgie expérimentale.	VILLARD,	—
Clinique infantile.	MOURIQUAND,	—
Déontologie et médecine professionnelle.	X...	—

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
BARRAL.	LATARJET	MOURIQUAND.	FROMENT.
COMMANDEUR.	BRETIN.	ARLOING (F.).	THEVENOT (Lucien)
NEVEU-LEMAIRE.	LERICHE.	GUILLEMARD.	PIERY.
LAROYENNE.	THEVENOT (Léon).	POLICARD.	COTTE.
VORON.	TAVERNIER.	GARIN.	DUROUX.
NOGIER.	GADE.	SAVY.	BONNAMOUR, chargé des
			fonctions.

M. BAYLE, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. ETIENNE MARTIN, Président ; MOREL, Assesseur ;
MM. GUILLEMARD et BONNAMOUR, Agrégés.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PÈRE, A MA MÈRE, A MON FRÈRE

Ma pensée est toujours près d'eux,
que ce travail, fruit de mes efforts,
leur soit dédié en signe d'une reconnaissance et d'un amour infini.

A MES PARENTS, A MES AMIS

A MES MAÎTRES

A mon Président de Thèse

M. LE PROFESSEUR ETIENNE MARTIN

AVANT-PROPOS

Avant de commencer l'exposé de notre travail, il nous est particulièrement agréable de pouvoir remercier M. le Professeur Etienne Martin, qui non seulement nous fait le grand honneur de vouloir bien accepter la présidence de cette thèse, mais qui, en outre, nous a aidé de ses conseils et nous a toujours reçu avec une amabilité à laquelle nous tenons à rendre hommage.

Nous prions M. le Professeur Morel de vouloir bien trouver ici l'assurance de notre sincère gratitude. Dès les premiers jours il nous a encouragé dans nos travaux, nous faisant profiter sans compter de ses recherches et de ses connaissances, qui nous furent si utiles durant toute la préparation de cette thèse.

Qu'il nous soit permis, en outre, de saluer la mémoire de tous nos camarades morts durant cette guerre et particulièrement ceux restés au fond de la mine. Leur mort fut souvent beaucoup plus terrifiante que celle du soldat montant à l'assaut. C'est eux qui nous ont donné l'idée de ce travail, c'est à eux que nous avons pensé durant toutes nos recherches, c'est devant eux que nous nous inclinons très bas avant de commencer l'exposé de notre sujet.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552308_0064

INTRODUCTION

Notre intention n'est pas de faire ici l'histoire complète de l'intoxication oxycarbonée, d'autres, plus autorisés, ont depuis longtemps entrepris ce travail et examiné la question sous toutes ses formes, et nous ne pouvions que répéter ce qu'ils ont magistralement décrit.

Durant une partie de cette guerre mondiale nous fûmes affecté dans une compagnie de génie chargée spécialement de la guerre de mine, et comme médecin de cette formation nous fûmes appelé, trop souvent malheureusement, à sauver des camarades officiers ou soldats, qui restaient au fond des mines, subissant les effets pernicieux des gaz provenant de la déflagration des poudres.

Dès le début nous fûmes frappé des moyens de fortune que nous possédions soit pour le sauvetage, soit pour le traitement immédiat. Ce fut l'origine de nos travaux, cherchant soit un appareil nouveau, soit une modification d'un appareil déjà en service qui nous rendrait plus commode l'extraction des blessés des galeries de mines infectées. Secondairement et

sous l'impulsion de nos chefs nous voulûmes rendre l'appareil commode afin de pouvoir faire un travail simple dans un milieu irrespirable.

Pendant que nous dirigions nos recherches dans ce sens, un de nos amis, M. le Pharmacien Dumouthiers, mettait au point un appareil pour le traitement des intoxiqués dès leur sortie à l'air libre.

Nous exposerons dans ce travail, dans une première partie, la production des gaz toxiques et les moyens de lutter contre eux ; dans une deuxième partie, les observations que nous fîmes sur les sapeurs qui subirent les méfaits de l'oxyde de carbone, au point de vue symptomatologique, anatomie pathologique et traitement immédiat.

Malheureusement, ces hommes évacués sur différentes formations sanitaires puis dirigés sur les dépôts, nous quittaient et nous ne pûmes les suivre par la suite. Ce sujet fut d'ailleurs traité par Favre dans une thèse soutenue devant la Faculté de Lyon.

PREMIÈRE PARTIE

Les émanations gazeuses en guerre de mine.

Avant d'étudier la formation des gaz dans une galerie, il est nécessaire de connaître comment se fait la guerre de mine, et surtout dans quelles conditions vivent les sapeurs mineurs qui en sont chargés.

Au niveau du sol une galerie de mine part en escalier à pente très rapide, généralement d'un mètre par mètre; arrivée à une certaine profondeur, sa direction devient horizontale ou légèrement descendante et sa section possède les dimensions de 1 m. 20 de haut sur 0 m. 80 de large. Elle se change souvent en un rameau de section plus faible encore, de 0 m. 80 de haut sur 0 m. 60 de large. C'est dans cet espace réduit que le mineur creuse, soit pour continuer d'avancer, soit pour préparer sa mine qui fera sauter l'ennemi qu'il entend et souvent qu'il sent remuer.

Très rarement de plus grandes sections sont employées, mais dans ce cas la longueur de la galerie

est immense, mesurant jusqu'à 250 mètres du point de départ. Cette dimension met un obstacle au renouvellement de l'air dans une proportion semblable à celui fournit par une petite section.

Les dimensions précédentes nous font voir que dans la généralité des cas, le sapeur est forcé de se tenir, soit pour travailler, soit pour marcher, soit pour évacuer les terres dans des sacs, dans la position à quatre pattes, marchant sur les genoux et sur les mains. Notons que dans cette position son dos arrive à toucher le plafond, et la seule place vide qui reste dans l'espace occupé par lui, se trouve sous son thorax ; la partie correspondant à l'abdomen étant occupée par les genoux dans la marche.

Quant au travail qu'accomplit le sapeur mineur dans le fond de la galerie, il représente une dépense musculaire énorme. Il est en effet très fatigant de piocher, ou de pelleter dans un terrain vierge, souvent très ferme, d'évacuer les terres au moyen de sacs trainés sur le sol, dans une position mal commode. En outre, l'air est surchauffé par le séjour de l'homme, par ses échanges respiratoires intenses, par sa sueur.

Emanations gazeuses provenant du mineur et de la mine.

La difficulté du renouvellement de l'air fait assimiler une galerie de mine à un-espace clos. Or, dans sa thèse, Fadeuilhe nous montre les accidents auxquels sont exposés les gens vivant dans un tel milieu. Les

souillures de la respiration, aussi bien que celles émanant du corps sont accumulées dans cet espace. Les déchets organiques sont si nuisibles qu'ils donnent lieu à des intoxications.

Paul Bert, dans des expériences mémorables, est arrivé à démontrer que dans le cas d'un être vivant, enfermé dans un espace clos, ce qui importait était non seulement la tension partielle des gaz compris dans le mélange respirable, mais également la présence de ces impuretés. C'est ainsi qu'avec une pression barométrique de 26 millimètres de mercure, la mort arrive sûrement si la pression partielle de l'oxygène s'abaisse au-dessous de 3,5 centième d'atmosphère. En enlevant les impuretés à mesure de leur production la vie est possible avec une tension beaucoup moindre. Par contre, l'accumulation de ces impuretés produit la mort même si la tension d'oxygène est assez élevée. Il faut donc que ces altérations soient nombreuses et importantes pour produire à elles seules de tels accidents. Aussi allons-nous les passer en revue.

Ces impuretés sont produites soit par le poumon, soit par la peau, soit par l'appareil digestif, soit enfin par les différents foyers de fermentations organiques et putrides.

Pour connaître celles venant du poumon, comparons l'air inspiré et l'air expiré. Le premier a la composition moyenne suivante :

Oxygène.....	20,75 pour cent.
Azote.....	78,35 —
Acide carbonique...	0,03 —

Le second donne à l'analyse :

Oxygène.....	15,4	pour cent.
Azote.....	79,3	—
Acide carbonique...	4,3	—

De plus, l'air est saturé de vapeur d'eau.

La comparaison de ces deux analyses nous montre l'augmentation énorme de la proportion d'acide carbonique. Ce dernier, fort nuisible, peut à lui seul occasionner la mort. Vierordt montre que durant vingt-quatre heures un homme dégage 443 litres d'acide carbonique. Ce chiffre montre mieux que n'importe quelle démonstration comment l'air d'une galerie non ventilée peut s'infecter par la seule respiration d'un homme présent.

En plus de l'acide carbonique l'homme exhale différents gaz toxiques : ammoniacque, hydrogène carboné et sulfuré qui, quoique en faible quantité, arrive à concourir à l'action toxique de l'acide carbonique.

Enfin Brown-Séquard et d'Arsonval ont décrit l'anthropoxine, corps toxique, qui serait produit par le poumon durant la respiration. Cette affirmation fut très fortement controversée et, en 1900, Formaneck montra la non toxicité de l'air expiré, indépendamment de l'acide carbonique.

Durant le travail du mineur, sa peau excrète soit du sébum soit surtout de la sueur en une quantité telle qu'elle peut atteindre 1.700 grammes par vingt-quatre heures. Mais si la vapeur d'eau ainsi produite vicie l'air, c'est surtout par son action sur les différents corps qui se trouvent sur la peau ou

dans les vêtements, provenant soit des poussières, soit de la malpropreté de l'individu, produisant ainsi des corps toxiques, tels que : acide formique, butyrique, valérianique, caproïque, etc.

Le tube digestif lui-même vient concourir, pour une faible part, il est vrai, à rendre l'air irrespirable par les gaz qui en émanent : ammoniacque, carbure d'hydrogène, hydrogène sulfuré, phosphoré, acide butyrique, acétique, indol, phénol, scatol, etc.

En outre, des émanations provenant de la galerie viennent vicier l'air. Dans ces boyaux l'eau se trouve toujours en grande quantité, arrivant même à sourdre. Cette humidité constante, en contact avec les bois qui coffrent les galeries, permet le développement rapide des moisissures. De plus, le sol par lui-même dégage des gaz plus ou moins méphitiques, en particulier du méthane, éthane et autres gaz organiques de cette série.

Ces différentes émanations, quoique en quantité infime la plupart du temps, arrivent à être prises en considération par suite de leur dégagement continu.

Telle est la composition de l'air dans lequel vit le mineur quand il se trouve dans une galerie n'ayant pas été attaquée par l'ennemi, ou dont il ne s'est pas servi lui-même pour se défendre ou détruire son adversaire. Or c'est là le but de la galerie de mine. Si l'on fait ces travaux énormes et coûteux aussi bien au point de vue humain que matériel, c'est pour faire jouer des camoufflets ou des fourneaux, et c'est leur déflagration qui vicie l'air d'une façon prépondérante,

causant le nombre d'accidents le plus grand et surtout les plus graves. Étudions donc cette forme de viciation de l'air.

Émanations gazeuses provenant des explosifs.

Quand pour une raison tactique quelconque le commandement décide de faire jouer une mine, il fait creuser au fond du rameau de combat une chambre de dimensions variant avec la quantité d'explosifs que l'on veut employer. La chambre faite est remplie d'explosif, puis un barrage de sacs à terre, dont l'épaisseur varie avec la charge employée, bouche l'ouverture, c'est-à-dire comble une partie du boyau. Le feu est mis, l'explosif brûle, produisant une quantité de gaz qui, dans un camouflet, ne peut s'échapper, ce qui est le cas de beaucoup le plus fréquent, ou qui, dans un fourneau, sort en suivant la ligne de moindre résistance, qui est représentée par la perpendiculaire au plan du sol, le plus près gagnant ainsi l'extérieur.

Cette différenciation de camouflet et de fourneau nous montre une grosse différence au point de vue médical. Dans l'un tous les gaz sont restés, dans l'autre la presque totalité est évacuée. Il y a donc un gros avantage à ce point de vue d'employer le fourneau. Malheureusement, en temps de guerre, le point de vue humanitaire n'existe pas, tout devant céder le pas devant le but tactique à atteindre. Le fourneau est fort peu employé, ne servant qu'à détruire des ouvrages de surface, le camouflet,

arme défensive et offensive du mineur, l'étant presque toujours. C'est donc ce cas que nous étudierons principalement.

Nous avons indiqué plus haut d'une façon succincte comment se préparait un camouflet. Quand il joue, l'explosif s'enflamme et une réaction d'oxydation s'effectue. Il en résulte des produits solides et gazeux. Les premiers étant inertes ne nous retiendront pas, les seconds au contraire présentent une importance primordiale pour nous.

Les explosifs employés sont la mélinite, la dynamite et surtout la cheddite. Durant la déflagration les gaz produits varient pour une foule de raisons, principalement parce que la pression, la température, la vitesse de déflagration, la vitesse de refroidissement varient. Les formules qui suivent sont donc variables et nous n'indiquerons que les plus courantes.

En outre, au lieu d'oxyde de carbone il se produit souvent de l'acide carbonique, mais ce dernier ne reste que si le milieu gazeux, dû à l'explosion, subit un refroidissement brusque. Ce n'est pas le cas en guerre de mine, le produit de la déflagration tendant à s'équilibrer au point de vue thermique avec le milieu ambiant par ses propres moyens. Dans ce cas l'acide carbonique sous l'effet de la chaleur, le nombre de calories produit par l'explosion étant fort élevé, se transforme molécule par molécule en oxyde de carbone.

En résumé, que la déflagration produise de l'oxyde de carbone ou de l'acide carbonique, au point de vue résultat final nous nous trouvons toujours en milieu

oxycarboné et s'il reste de l'acide carbonique, le milieu ambiant ayant malgré cela la même pression, il en résulte une diminution d'oxygène.

Pour la mélinite la formule de déflagration est la suivante :



Nous voyons dans cette formule, sachant qu'une molécule gazeuse répond à un volume de 22 l. 4 à 0° et sous 760 millimètres de mercure, qu'à 1 kilogramme de mélinite répond 600 litres d'oxyde de carbone et 300 litres d'azote, ce qui montre que l'oxyde de carbone répond aux deux tiers des émanations gazeuses produites.

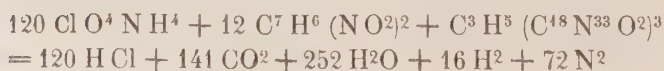
La dynamite, qui est constituée par de la nitroglycérine incluse dans un corps inerte, donne la formule suivante :



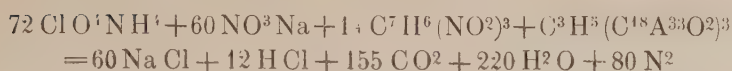
montrant la production de 390 litres de gaz carbonique par kilogramme de nitroglycérine,

Quant à la cheddite, c'est un explosif dont la composition varie avec les maisons de fabrication, contenant du chlorate ou perchlorate de potasse, de soude ou d'ammonium et d'autres corps oxydants ; parmi celles employées nous avons les compositions suivantes donnant les réactions de déflagration respectives.

I	{	Perchlorate d'ammoniaque.....	82 %
		Dinitrotoluène.....	13 %
		Huile de ricin.....	5 %



II	{	Perchlorate d'ammoniaque.....	50 %
		Nitrate de soude.....	30 %
		Dinitrotoluène.....	15 %
		Huile de ricin.....	5 %



Or chaque molécule de CO^2 donnant une molécule de CO, nous avons par kilogramme d'explosif :

Dans le premier cas,

184 litres d'oxyde de carbone... 93 litres d'azote.

Dans le deuxième,

205 litres d'oxyde de carbone... 105 litres d'azote.

En résumé, d'après ces formules, nous voyons la grande quantité d'oxyde de carbone et d'azote produit par kilogramme d'explosif dans une déflagration. Or quand on songe qu'il faut multiplier tous ces nombres par au moins 4000, poids d'explosif employé, pour avoir la quantité d'oxyde de carbone ou d'azote dégagé dans un camouflet on comprendra à quelle dose massive les émanations gazeuses frappent les sapeurs mineurs.

Cette quantité énorme de gaz toxique se trouve renfermée dans une poche, la déflagration des gaz ayant produit une vaste chambre élipsoïdale qui porte le nom de chambre de compression. En théorie, il n'y aurait qu'à éviter cette chambre pour éviter le gaz. Mais dans le sol se trouvent des fissures par où le gaz se répand. Poursuivant son chemin, il arrive à la galerie soit en filtrant comme il vient d'être dit, soit à travers le barrage de sacs à terre. Sa vitesse

de propagation varie d'ailleurs avec la nature du terrain.

Quoiqu'il en soit, l'air ambiant de la galerie que nous avons vu précédemment rempli déjà d'impureté devient de plus en plus toxique, toxicité qui peut atteindre un degré formidable, et qui provient à peu près uniquement des émanations oxycarbonées, l'azote étant un gaz inerte, possédant d'ailleurs une action que nous étudierons plus tard.

D'après cet exposé de la viciation de l'air, les sapeurs seraient toujours en milieu irrespirable si on ne luttait pas contre cet envahissement gazeux. Pour ceci, il faut chasser des galeries le gaz soit avec des moyens pneumatiques, ce qui demande un certain temps, ou munir le sapeur mineur d'un appareil qui lui permettra de vivre dans ce milieu.

Lutte contre la toxicité de l'air ambiant

D'après les conclusions du chapitre précédent, nous devons subdiviser cette nouvelle partie en deux paragraphes. Dans l'un nous exposerons les appareils pneumatiques, dans le second les appareils respiratoires.

Appareils pneumatiques : ventilateurs.

Quand le temps n'entre pas en ligne de compte, et que le commandement peut disposer d'un nombre de jours variant suivant la grandeur de la galerie et la toxicité de l'air, on se sert d'appareils pneumatiques nommés ventilateurs.

Ils sont constitués d'une série d'ailettes montées sur un arbre, qui est mu soit à bras, soit électriquement. Ces ailettes créent, en tournant, un courant d'air canalisé dans un tuyau, dont l'un des bouts est situé à l'extérieur, à l'air libre, l'autre en tête de la galerie. L'air entre par une extrémité et sort par l'autre avec une vitesse et une pression variant avec la grandeur et la vitesse de rotation du ventilateur.

Ici se pose un problème : vaut-il mieux aspirer l'air vicié de la tête de galerie, créant un courant d'air partant de l'entrée de la galerie, qui gagne la tête en passant par cette même galerie et en repartant vers l'extérieur par le tube du ventilateur ? et dans ce cas nous dirons que le ventilateur fonctionne à l'aspiration. Ou vaut-il mieux créer le courant d'air inverse : l'air extérieur est conduit par le tube du ventilateur, amené au fond de la galerie, produisant une légère surpression, qui pousse l'air de tête à l'extérieur, la galerie servant de conduit ? le ventilateur étant dit : mis à l'inspiration.

Cette question de controverse a amené pas mal de discussions et l'accord n'est pas complètement fait.

Paul Bert, dans une étude citée plus haut, a montré qu'il y avait avantage dans un espace clos à enlever les impuretés, car la vie était possible avec une tension d'oxygène beaucoup plus faible que lorsque les impuretés se maintiennent.

D'après cette expérience et si dans la galerie il ne sourde pas d'oxyde de carbone, le ventilateur étant à l'aspiration enlève les impuretés et diminue très faiblement la pression de l'air de la tête de galerie. Mais cet air qui vient ainsi remplacer l'air aspiré est chargé d'impuretés en plus grande quantité que celui qu'on enlève. En effet, il aura parcouru toute la galerie, accumulant ainsi les impuretés de toute la mine à la tête. Et là, au lieu d'avoir un air plus pur, nous obtenons un résultat inverse.

Au contraire, la ventilation étant à l'inspiration, nous établissons un courant inverse, qui accumule

les impuretés à l'intérieur de la galerie, les refoulant vers l'extérieur et éliminant à la tête celles produites seulement à cet endroit. Or c'est là que le sapeur travaille, c'est là qu'il a besoin de l'air le plus pur, c'est de plus là où se produit le plus d'impuretés puisqu'en dehors de celles provenant de la mine-elle-même, ayant la même valeur durant tout son trajet, il y a celles que produit l'homme. Derrière lui ne se trouve personne, le rameau ne sera occupé et pendant quelle faible durée que lors de son passage pour aller ou quitter son travail.

De plus, non seulement les impuretés sont éliminées et non accumulées par ce mode de ventilation, mais en outre l'air qui arrive possède une température plus faible que si le ventilateur était à l'aspiration. En outre, étant sous une légère pression, les échanges gazeux sont rendus plus faciles.

Dans le cas où l'oxyde de carbone ne rentre pas en ligne de compte et que la toxicité de l'air provient seulement des impuretés provenant soit du sol soit des travailleurs, il y a donc avantage à faire tourner le ventilateur à l'inspiration.

Prenons maintenant le cas d'une mine contenant de l'oxyde de carbone, ce qui est d'ailleurs la majorité des cas. L'oxyde de carbone, dont la densité est de 0,967, se mélange à l'air et ne reste pas en couche comme l'acide carbonique. L'union est assez intime pour que nous puissions considérer le mélange gazeux comme uniforme. Dans ce cas, contrairement au précédent, la toxicité de l'air est considérablement plus forte à la tête de la galerie que durant son tra-

jet, à un point que l'une est négligeable par rapport à l'autre.

C'est à cet endroit que l'on se trouve le plus près des poches renfermant l'oxyde de carbone produit par les camoufflets. Comme celui-ci, en s'infiltrant, cherche à prendre le chemin le plus commode, il arrivera à la tête de la galerie. C'est cette partie qui sera donc infectée primitivement, le reste ne l'étant que secondairement. De plus, si une poche de gaz est crevée par un pic, c'est à l'endroit où l'on travaille : encore en tête de la galerie.

Dans ces conditions, le ventilateur tournant à l'inspiration amène l'air extérieur et refoule l'air vicié dans la galerie. Au point de vue avantage on diminue la toxicité de l'air de tête, augmentant la proportion d'oxygène, mais l'oxyde de carbone continuant à sourdre, infecte continuellement cet air. De plus on a le grave inconvénient de refouler l'oxyde de carbone dans la galerie et de l'infecter tout entière, rendant toute la mine inhabitable, même très passagèrement.

Au contraire, le ventilateur étant à l'aspiration, l'oxyde de carbone est pris dès son dégagement ; et avec un appareil de rotation et de calibre suffisant, cette aspiration arrive à être assez intense pour prendre la presque totalité du gaz dès son dégagement, l'air étant suffisamment renouvelé par celui qui vient à travers la galerie. Le seul inconvénient est l'élévation de la température, mais si cette dernière est trop élevée, on y remédie par l'arrivée d'air frais sous pression soit au moyen d'un second ventilateur

placé à l'inspiration, soit par une tuyère reliée à un compresseur.

En outre, dans le cas où toute une mine est infectée, nous devons faire tourner le ventilateur à l'inspiration. Cette infection totale provient généralement d'une ouverture de poche. Celle-ci est vidée complètement et tout d'un coup, puis le dégagement devient très faible ou même nul, nous permettant de le négliger. D'un autre côté l'oxyde de carbone est plus léger que l'air et cherche à gagner l'extérieur. On aura donc tout avantage à aider cette tendance naturelle en créant le courant d'air dans le même sens. Nous éliminerons plus rapidement le gaz toxique que si nous lui faisons parcourir toute la galerie par l'aspiration.

En résumé, le ventilateur doit aspirer l'air quand des émanations oxycarburées se produisent, et au contraire il doit amener de l'air frais quand l'analyse qualitative du milieu ne révèle pas d'oxyde de carbone, ou que la mine est complètement infestée.

En outre du ventilateur, il est des fois utile pour protéger une mine, de chamberer le dégagement d'oxyde de carbone. Une tête de galerie étant infestée, et l'aspiration du ventilateur étant insuffisante, on construit en arrière un mur de sacs à terre qui forme un espace clos où se dégage l'oxyde de carbone. De plus, à travers ce mur, on fait passer un tube de ventilateur qui aspirera l'oxyde de carbone. Cette façon de procéder est un des moyens les plus sûrs en cas de gros dégagement gazeux qui rendrait rapidement toute une mine inhabitable.

Appareils respiratoires en général.

Mais le ventilateur ne peut servir qu'à chasser l'air vicié, et pour cela un temps plus ou moins long est nécessaire. Or il y a des cas où il est d'une nécessité absolue d'entrer dans une galerie de mine infestée. Supposons par exemple que le pic du mineur ouvre un orifice dans une poche remplie de gaz, celui-ci va se dégager tout d'un coup, et la toxicité de l'air va de suite être telle que les travailleurs vont tomber avant d'avoir pu se sauver. Or nous verrons plus tard, quand nous étudierons le traitement, que la première chose à faire est de soustraire l'intoxiqué aux émanations toxiques le plus rapidement possible. Il faut aller le chercher immédiatement, pénétrer dans un milieu irrespirable que la ventilation aussi intense soit-elle ne peut rendre habitable dans un laps de temps extrêmement court. C'est au point de vue service de santé le cas le plus fréquent. Un autre cas est présenté par les recherches qualitatives et quantitatives d'oxyde de carbone dans une mine dont on ne connaît pas la toxicité de l'air. On pose en effet la question au médecin : voici une mine, il y a eu un camouflet ou un fourneau à tel moment, la ventilation fut faite dans telle condition, les hommes peuvent-ils aller travailler ? Pour donner une réponse il faut connaître la teneur en oxyde de carbone, pour connaître cette donnée on se sert de moyens que nous étudierons dans le chapitre suivant, lesquels nous forcent à pénétrer dans la galerie. Or ne connaissant pas le milieu dans lequel on

doit pénétrer, on est forcé de se servir d'un appareil qui permettra de respirer et de remuer sans inconvénient, quelle que soit la toxicité de l'air.

Les mineurs eux-mêmes peuvent être forcés de pénétrer soit pour réparer une ventilation défectueuse ou détruite, faire un amorçage de mise de feu, écouter le travail de l'ennemi et le situer, etc.

Quel que soit l'objet de la visite, un homme doit rentrer dans un milieu irrespirable ou qui peut l'être. Il doit donc se munir d'un appareil qui lui permettra de respirer soit un air nouveau, soit l'air ambiant débarrassé de l'oxyde de carbone.

Cette distinction de la provenance de l'air respirable nous amène à la conception de deux sortes d'appareils, les uns créant un milieu respirable et amenant l'air ainsi créé aux orifices respiratoires de l'homme, ce sont les appareils respiratoires de types divers, les autres sont des appareils filtrant l'air ambiant comme un masque M_2 débarrasse l'air extérieur des gaz asphyxiants ou suffocants. Nous étudierons successivement ces deux sortes d'appareils de protection.

Quel que soit l'appareil respiratoire employé il s'agit de créer un milieu respirable. Certains appareils, et parmi ceux-là nous citerons l'appareil A. M. G., utilisent l'air extérieur ; mais la plupart, tel que l'appareil Fenzi et l'appareil Draeger, régénèrent une quantité d'air qui a été insufflé dans un sac imperméable avant l'entrée dans le milieu toxique, en fixant l'acide carbonique et en ajoutant à l'air appauvri de l'oxygène.

Appareil respiratoire A. M. G.

L'appareil A. M. G. est constitué par une pompe pneumatique. Celle-ci située en dehors de la mine envoie l'air extérieur dans un large tube de caoutchouc. A l'extrémité du tube se trouve une embouchure qui est employée dans tous les appareils respiratoires.

Elle consiste en un tube métallique, en communication avec le tube d'arrivée de l'air. Ce tube métallique est muni d'un morceau de caoutchouc ayant une forme rectangulaire, mesurant trois centimètres de large, dix de long et deux à trois millimètres d'épaisseur. Il possède un orifice au centre correspondant à celui du tube. A droite et à gauche de cet orifice, et à cinq millimètres du trou, se trouve une saillie prismatique en caoutchouc longue de cinq millimètres, large de un centimètre et épaisse de deux à trois millimètres.

Pour se servir de cette embouchure on met le bourrelet de caoutchouc dans l'espace labio-dentaire, les tenons entre les dents, et l'on maintient la bouche fermée. L'air ne peut passer à travers de cette obturation :

1° A cause des lèvres ;

2° A cause du bourrelet de caoutchouc.

Le poumon est donc séparé du milieu extérieur, car la cavité nasale a été fermée par un pince-nez.

Le porteur est donc en relation directe avec le milieu extérieur. Quant à l'expiration elle s'effectue dans

cet appareil au moyen d'un tube adjoint au tube métallique. Ces tubes sont munis d'un jeu de soupape permettant dans l'un l'arrivée de l'air vers la bouche, dans l'autre la sortie de l'air expiré, tout en empêchant le circuit dans un sens différent.

Pour terminer la description de cet appareil nous ajouterons que le tube de caoutchouc qui conduit l'air de la pompe à l'individu est muni d'un anneau, qui s'accroche à une ceinture, permettant ainsi l'entraînement du tube.

Cet appareil très simple en théorie n'est pas applicable en pratique. D'abord le déplacement de l'homme est limité par la longueur du tube. A cette objection on répondra qu'il suffit d'augmenter la longueur, mais le second inconvénient, beaucoup plus grand et augmenté par cette réponse, provient du poids que doit porter l'homme. Ce tube est en effet fort lourd ayant besoin d'être absolument étanche et résistant au frottement du sol. L'effort considérable nécessaire pour le traîner crée des échanges gazeux plus intenses. De plus l'homme est gêné dans ses mouvements. L'appareil est donc à rejeter.

Appareil respiratoire Draeger.

Quant à l'appareil respiratoire Draeger, d'un principe tout autre, il se compose de :

- 1° Un obus d'oxygène O ;
- 2° Une boîte, B, contenant un sel, soude, neutralisant l'action de l'acide carbonique produit par la respiration ;

3° Un sac, S, en caoutchouc entoilé, imperméable à l'air ;

4° Un tube de caoutchouc C, muni de l'embouchure précédemment décrite ;

5° Un pince-nez.

Ces dernières parties sont reliées par des tubulures de telle façon que l'air du sac, insufflé préalablement, se rende à la bouche pendant l'inspiration. A l'expiration, l'air suivant le même chemin dans un sens contraire revient dans le sac. Sur ce chemin est interposée la boîte de soude qui fixe le gaz carbonique, de plus l'obus d'oxygène, en relation avec cet air dépourvu de gaz carbonique, remplace l'oxygène fixé par l'hémoglobine du sang dans le poumon.

Cet appareil présente quelques inconvénients qui se manifestent principalement dans son emploi en galerie de faible grandeur.

Pour mettre en évidence ces inconvénients, suivons un sapeur-mineur porteur de l'appareil. Il gonfle légèrement le sac et entre dans la galerie dont les dimensions le forcent à marcher à quatre pattes. D'après le mode d'attache, l'obus est parallèle à la ligne allant de la tête aux pieds : Dans cette position, il empêche la flexion complète des jambes sur le thorax. En effet la cuisse butte dans l'obus à chaque mouvement, et de ce fait non seulement la marche est gênée, mais l'appareil est constamment soumis à des secousses.

Le sac à air se trouve placé dans la position debout, au niveau inférieur de l'appareil. Dans la position à quatre pattes, il traîne par terre. Ainsi, non

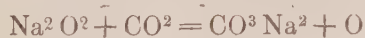
seulement il peut s'accrocher aux aspérités du sol, mais le porteur de l'appareil marche dessus avec ses genoux d'où risque de le déchirer et maintien difficile de l'embouchure entre les dents.

Pour faire fonctionner l'appareil on doit faire tourner la manette de décompression située au bout de l'obus. Si l'homme a marché à quatre pattes et a les mains humides et grasses; il ne peut faire fonctionner la manette malgré le quadrillage dont elle est munie. Le mouchoir pris en aide n'arrive pas à empêcher le glissement des doigts.

Malgré ces différents inconvénients, cet appareil a rendu de grands services auxquels nous nous plaisons à rendre hommage.

Appareil respiratoire M. C. G., type Fenzy.

L'appareil respiratoire M. C. G., type Fenzy, est basé sur le même principe. Seulement, dans le circuit de l'air on ajoute deux cartouches d'oxylite en supprimant la cartouche de soude. Dans ce cas, en effet, l'eau de la respiration avec l'acide carbonique agissant sur l'oxylite, peroxyde de sodium, produit de l'oxygène et le gaz carbonique est fixé.



C'est une économie de l'oxygène renfermé dans la bouteille et par suite une augmentation de la durée de l'appareil.

Le circuit de l'air est le suivant : en quittant le sac, l'air que nous avons introduit avant l'entrée dans le milieu toxique, passe dans une tubulure en

caoutchouc, arrive à la bouche par une embouchure semblable aux autres appareils, gagne le poumon et est expiré dans une deuxième tubulure, la marche étant rendue obligatoire par un système de clapets. Cette tubulure conduit l'air à travers les deux boîtes d'oxylite, qui revient ensuite chargé par ce passage d'une nouvelle quantité d'oxygène et dépouillé du gaz carbonique. Si cette quantité d'oxygène n'est pas suffisante le sac est en relation avec un obus d'oxygène, fonctionnant au moyen d'une manette de décompression, présentant les mêmes inconvénients que celle utilisée dans l'appareil Draeger. Le tout est renfermé dans une boîte en bois d'assez grande dimension, qui se met sur le dos.

L'appareil Fenzy est supérieur au Draeger, et les inconvénients que nous signalons plus haut, sauf ceux afférant à la manette, sont supprimés. Pourtant ayant essayé cet appareil en galerie de mines, nous n'aimions pas nous en servir, sauf en cas où la durée du séjour dans le milieu nocif doit durer d'une façon absolue plus de trois quarts d'heure sans qu'il y ait moyen de sortir un instant, ce qui est extrêmement rare. La raison du rejet de cet appareil est due à sa situation sur le dos. Si, dans un abri, dans une galerie de grandes dimensions, il y a nettement avantage de l'utiliser, dans une galerie de faible section son emploi devient impossible, car il n'existe pas de place suffisante entre le dos du porteur et le plafond de la galerie. Il oblige à une position presque couchée, de plus il s'accroche aux aspérités du plafond, rendant la marche souvent impossible.

Cet inconvénient a, d'ailleurs, dû être signalé à l'inventeur, car il fut créé un modèle réduit. Mais, dans ce cas, on perd le grand avantage : la durée.

Appareil respiratoire personnel.

Enfin nous nous servîmes de l'appareil Draeger, que nous avons modifié et qui fut pris en considération par le Ministre de l'Armement, le 20 janvier 1917. C'est un appareil Draeger ayant subi les modifications suivantes :

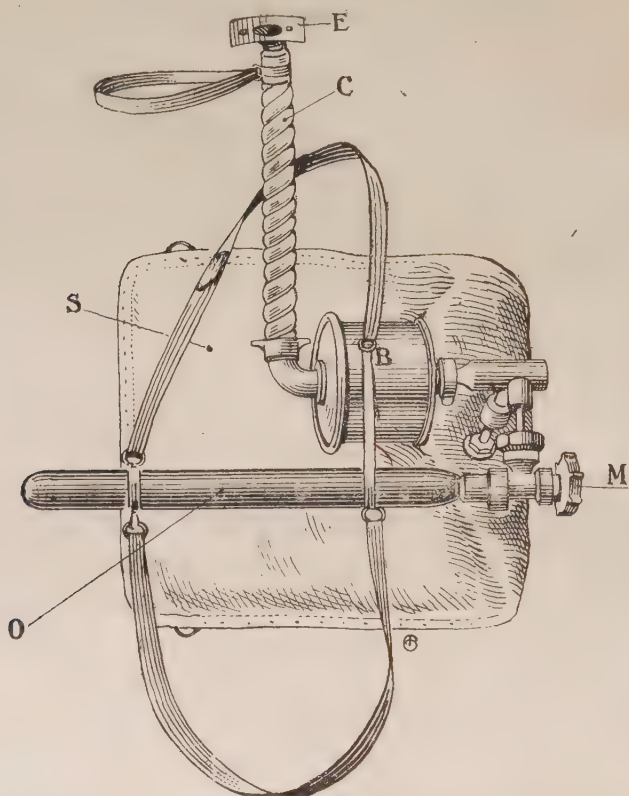
Le porteur de l'appareil étant debout, placer l'obus O horizontal, qui se trouve ainsi parallèle à la ceinture. Changer la direction du tube de caoutchouc C qui gagne la bouche par un tube à angle droit.

Placer le sac S devant l'appareil par rapport au porteur, de façon à ne pas augmenter la pression du milieu qu'il renferme et gêner ainsi les mouvements du sac concomitant à la respiration. Faire tourner le sac de 180° autour de son raccort métallique. Munir le bord inférieur d'un anneau A d'étoffe (7 cm. de diamètre), contournant l'obus pour maintenir le sac à sa hauteur, et le bord supérieur d'un deuxième anneau d'étoffe de même diamètre enfermant le tube de caoutchouc C. Le diamètre des anneaux suffit pour donner un jeu facile, qui permèt les mouvements du sac concomitants à la respiration.

Placé de cette façon le porteur ne peut atteindre le sac quelle que soit sa position.

Pour permettre la prise de la main quel que soit

son état de propreté, munir la manette, au lieu du quadrillage, de dents suffisamment développées et espacées pour permettre l'encastrement des doigts entre chacune d'elles.



B. Boîte neutralisante. — C. Tube de caoutchouc entoilé.
E. Embouchure. — M. Manette de la compression.
O. Obus d'oxygène.

Rappelons qu'une pièce métallique en forme de tenailles fixe l'un à l'autre l'obus O et la boîte neutralisante B. Munir l'une des branches de cette tenaille,

celle du côté opposé au sac, de deux anneaux, l'un à l'extrémité supérieure, l'autre à l'extrémité inférieure. Puis les joindre par une courroie partagée en deux par un anneau ; les deux parties pouvant s'allonger ou se raccourcir indépendamment par un système analogue à celui employé dans les courroies de bidons de militaire.

Les dimensions des courroies varieront entre 0 m. 70 et 1 m. 30. Puis faire partir une troisième courroie de l'anneau supérieur mesurant 0 m. 15 et qui se terminera par un anneau de diamètre supérieur à celui de l'obus, 0 m. 06, et lequel anneau sera muni d'un mousqueton.

Dans le montage de l'appareil, enfiler l'anneau autour de l'obus après celui d'étoffe dont est muni le bord inférieur du sac à air.

Pour le port de l'appareil, le placer tel que la boîte neutralisante soit à la hauteur du sein droit, la manette de décompression à droite et le sac à air externe, faire passer la courroie qui part de l'anneau supérieur de la tenaille précitée sur l'épaule droite, puis sur le dos et sous l'aisselle gauche, l'anneau vient se fixer au mousqueton attaché à l'obus ; la deuxième courroie jouant le rôle de ceinture se trouve placée ; régler la longueur des courroies telle que l'appareil se trouve fixé solidement dans la position indiquée précédemment.

Cet appareil n'est pas parfait, surtout à cause de sa durée qui n'excède pas 25 à 30 minutes chez un sujet non exercé et de 45 minutes chez un sujet entraîné.

Inconvénients et modifications personnelles de l'embouchure employée dans les différents appareils respiratoires.

Nous terminerons cette étude en signalant les inconvénients de cette embouchure que nous avons trouvés constamment :

L'embouchure, par sa grosseur et sa constitution, provoque non seulement une sensation désagréable, mais encore, chez certains sapeurs, des nausées lesquelles proviennent surtout des tenons.

Le pince-nez difficilement supporté détermine parfois des étternuements ; en outre, souvent mal placé, il tombe, d'où danger d'une intoxication par le nez de gaz toxiques.

Au point de vue hygiène, il est très néfaste que des hommes aient à mettre dans la bouche un objet venant de celle d'un camarade, en raison des dangers de contagion (syphilis ou tuberculose en particulier).

De plus, si en théorie l'isolement du milieu toxique est parfait, pratiquement il l'est beaucoup moins, les porteurs dudit appareil, fatigués par l'embouchure, ouvrent la bouche, parfois même l'enlèvent et respirent du gaz.

Un gros inconvénient, peut-être le plus important au point de vue pratique, se trouve dans l'impossibilité de parler. En cas de sauvetage, les sauveteurs ne peuvent ni concerter leurs efforts ni donner des ordres ou demander de l'aide.

Pour répondre à ces différentes objections, nous eûmes l'idée de remplacer cette embouchure par le masque de l'appareil Tissot, en obturant l'embouchure servant à la sortie de l'air expiré, puisque nous devons récupérer cet air. Mais, dans ce cas, nous fûmes gêné par la buée se condensant sur les lunettes malgré le crayon antibuée, le courant d'air n'étant pas suffisant pour l'évaporation comme dans l'appareil Tissot. Aussi cherchâmes-nous à supprimer cette partie et nous arrivâmes au masque suivant.

Comme forme générale, c'est un masque analogue au masque de l'appareil Tissot dont on aurait enlevé la partie supérieure portant les œillières et dont on aurait modifié les tubulures, bouchant celle par où passe l'air expiré.

Constitué en caoutchouc assez mince, il a la forme d'un groin, recouvrant seulement les organes respiratoires. A son sommet est adapté un tube métallique long de 10 cm. sur 2 cm. de section et coudé à angle droit à 4 cm. de son ajustage au masque. Ce tube se relie au tube souple de l'appareil respiratoire comme dans l'appareil Tissot.

Une fois mis en place, les bords du masque s'appliquent sous le menton, sur les joues, sur les pommettes au-dessous des yeux, sur le nez au-dessous de la racine.

Au bord supérieur est fixé un fil de fer doux de 15 cm. de long sur 1 mm. de section, destiné à modeler ce bord sur les parties osseuses du nez et sur les parties avoisinantes des joues, de façon à déterminer à ce niveau une adaptation parfaite. Le cali-

bre de ce fil métallique donne une malléabilité suffisante et en même temps une rigidité nécessaire pour que la tension du masque ne le déforme pas.

En outre; sur tout le pourtour des bords du masque est disposé, du côté interne, un bourrelet pneumatique qui a pour but d'assurer une herméticité parfaite aux gaz extérieurs du masque mis en place. Ce bourrelet n'a pas partout le même calibre, faible sous le menton et sur les joues, son développement s'accroît sur les parties latérales du nez.

Au devant de la bouche et des orifices des narines, le masque forme une poche libre dans laquelle débouche le tube respiratoire. Dans cette partie du masque se trouve un écarteur en fil de fer entouré de caoutchouc destiné à empêcher la paroi antérieure du masque de coller sur le nez et la bouche, ce qui gênerait la respiration.

Cet écarteur, en forme de pyramide quadrangulaire, présente deux tranches triangulaires, dont l'une s'applique par sa base sur la lèvre inférieure et l'autre en dessus de la lèvre supérieure, sous le nez; le sommet s'engage, à frottement dur, dans le tube respiratoire, qui maintient ainsi l'écarteur à sa place.

Le masque se fixe sur la face au moyen d'un système d'attaches en caoutchouc constitué comme il suit:

Deux attaches partent des faces latérales du masque et passent derrière la tête, l'une au-dessus de l'oreille, l'autre au-dessous. Une attache médiane verticale réunit les deux précédentes derrière la tête et vient se fixer, en passant sur le sommet du crâne, au bord supérieur du masque sur le nez.

La disposition décrite procure les avantages suivants :

1° Suppression d'un appareil à mettre dans la bouche, d'où suppression de nausées et d'un agent de contagé ;

2° Respiration plus facile par suite de la possibilité de respirer par le nez et par la bouche ;

3° Isolement parfait entre l'air contenu dans la chambre respiratoire du masque et l'air extérieur toxique ;

4° Faculté de causer et d'être entendu.

Une paire de lunettes peut être jointe au masque mais n'en fait pas partie constituante, car, en guerre de mine, elles sont uniquement une cause de gêne. Leur présence est inutile, car le gaz rencontré dans les galeries n'est pas lacrymogène. De plus, à cause de la faiblesse de l'éclairage, bougie ou lampe électrique de poche, il est nécessaire que le mineur n'ait la vue gênée par rien, surtout par des verres peu transparents, par suite de l'emploi du crayon anti-buée, ou la buée produite par la transpiration et la respiration.

Tous les appareils que nous venons de décrire ont tous le défaut d'être encombrants et de gêner les mouvements du porteur, de plus la durée est assez courte, une heure et demie au maximum, mais le plus grave inconvénient est qu'ils ne sont pas automatiques. L'homme se sentant en danger mortel a toujours tendance à se servir trop rapidement de l'oxygène de réserve, et ainsi diminue dans une proportion considérable la durée de son appareil. En outre,

si le travail à effectuer nécessite une tension de l'esprit assez grande, il oublie de faire fonctionner l'appareil, sa respiration, fortement gênée, le lui rappelle subitement, il lâche l'oxygène d'une façon inconsiderée, produit un coup de pression sur ses alvéoles pulmonaires, pouvant donner lieu à des accidents. Si, inversement, le porteur a toujours devant l'esprit le fonctionnement de son appareil, il peut effectuer des maladresses ayant une importance considérable. C'est pourquoi il serait nécessaire de rendre les appareils respiratoires automatiques.

Le moyen le plus simple serait la découverte d'un masque qui pourrait être constitué par une compresse, mode employé dans le masque M₂ contre l'hypérite, ou de la sciure de bois contenue dans une boîte, mode employé dans le masque A. R. S., imbibée d'un corps réducteur.

Masque contre l'oxyde de carbone.

Le problème n'est pas résolu. En effet, dans le cas qui nous occupe, l'oxyde de carbone remplace, volume par volume l'oxygène, la tension de ce gaz diminuant de ce fait entre des limites allant de 0 à l'infini. Dans le cas où l'oxygène est encore en assez grande quantité, cas le plus fréquent, il faudrait trouver une substance laissant passer l'oxygène et retenant l'oxyde de carbone. Rarement, en effet, les émanations gazeuses remplacent complètement l'oxygène, auquel cas la substance employée devrait décomposer l'oxyde de carbone en produisant de l'oxygène. La rareté de ce cas l'élimine en pratique.

Cherchant à résoudre ce problème, nous avons pris soit un modèle de masque M_2 , soit un modèle de masque A. R. S., ou même un appareil Tissot. Adoptant l'une ou l'autre forme, nous avons imbibé la substance inerte d'une solution soit neutre, soit acide, soit ammoniacale, de sels cuivreux dont nous avons augmenté la solubilité de l'oxyde de carbone par du sulfate d'ammoniaque. Nous employâmes également une solution sulfurique de permanganate de potasse. Nous devons avouer que quel que soit l'artifice que nous ayons employé jusqu'à maintenant nous n'eûmes aucun résultat. Nous espérons qu'un jour quelqu'un solutionnera dans ce sens la question, car c'est là le seul moyen vraiment pratique, les autres appareils étant d'une durée trop courte et non automatique.

Les détecteurs de l'oxyde de carbone.

D'après l'exposé des chapitres précédents, nous pouvons nous rendre compte que le sapeur mineur se pose constamment la question : Y a-t-il du gaz ou pas, dois-je me servir d'un appareil et lequel ? Pour répondre à cette question il existe différents moyens de déceler la présence du gaz et sa tension approximative dans l'air ambiant. Ces moyens sont de deux sortes, les uns reposent sur des réactions chimiques, et sont représentés par l'appareil détecteur L. D., les autres sur des réactions physiologiques *in vivo*.

Appareil détecteur L. D. Réactif chimique.

L'appareil L. D. se compose d'un flacon dont le bouchon est traversé par un tube de verre. Ce tube contenant une substance filtrante, en l'occurrence de l'acétate de plomb, est terminé par une poire de caoutchouc ; le bouchon est muni d'une rainure permettant le passage de l'air et d'un crochet auquel on adapte un papier réactif, analogue à un papier

de tournesol, mais dont le réactif est du chlorure de palladium. Celui-ci en effet prend une teinte grise au contact de l'oxyde de carbone. Cette teinte varie en intensité suivant la tension de l'oxyde de carbone. Le papier réactif doit être humecté d'eau avant de s'en servir. Il est fort utile de l'imbiber qu'en partie.

Pour se servir de cet appareil on presse la poire dont l'action remplace l'air intérieur du flacon par l'air ambiant. Au moyen de cet appareil nous avons cherché à avoir une échelle de teinte nous permettant de connaître approximativement la teneur en oxyde de carbone. Pour ceci nous donnions toujours le même nombre de coups de poire, trente, en promenant le détecteur dans une section perpendiculaire de la galerie à examiner. Malheureusement n'ayant pas de laboratoire pour pouvoir mesurer numériquement la quantité d'oxyde de carbone contenu dans l'air au même moment nous ne pûmes mettre des chiffres en face de nos résultats.

Quoi qu'il en soit, nous avons obtenu les résultats suivants : d'abord rien pour une teneur nulle en oxyde de carbone ; puis la quantité de gaz augmentant à la limite de l'imbibation du papier, une raie jaune d'abord très faible, puis augmentant d'intensité. La raie jaune se maintenant toujours, une teinte grise faisait son apparition sur la partie imbibée, cette teinte se fonçait, puis la raie jaune disparaissait, et le gris devenait de plus en plus noir.

Nous avons noté que les sapeurs mineurs n'avaient aucun symptôme travaillant dans les milieux où nous obtenions la raie jaune. Nous rapportant aux

travaux de Mosso et de ses élèves, nous avons admis qu'à ce moment la tension en oxyde de carbone devait être voisine de $1/230$. Si en effet nous arrivions à la teinte grise même légère, on notait de la céphalée chez les travailleurs qui avaient besoin de se relever. Il serait utile de pouvoir posséder une échelle de teinte avec la teneur en oxyde de carbone correspondante.

Oiseaux et souris. Réactifs physiologiques.

En outre du réactif chimique nous eûmes les réactifs physiologiques, représentés par des bengalis ou des souris blanches. Les animaux sont mis dans une cage, puis apportés dans le milieu à analyser, et suivant les symptômes qu'ils présentent on apprécie la teneur en oxyde de carbone. D'ailleurs la souris blanche a une résistance à peine plus forte que le bengali.

Nicolaux a démontré que la mort a lieu pour la même quantité de l'oxyde de carbone fixée dans le sang, quelle que soit l'espèce, rapportée au poids du corps et qui est de 12 cc, 5 par kilogramme. Mais la durée varie avec l'activité pulmonaire et les échanges gazeux. Or chez le bengali, les échanges sont extrêmement rapides, dans un rapport de 1 à 30 par rapport à l'homme. Ainsi un oiseau mourra avec une rapidité beaucoup plus grande qu'un homme pour une même toxicité de l'air. Mais si par l'expérience on peut comparer le rapport des accidents subis par l'oiseau et ceux subis par l'homme dans les mêmes con-

ditions, mais dans un temps beaucoup plus long, il est fort intéressant de prendre un animal ayant un nombre de révolutions pulmonaires très grand à la minute, ce qui permet d'avoir son renseignement beaucoup plus rapidement.

Grehant montre que pour un mélange d'air et d'oxyde de carbone :

1° De 1 p. 1000 l'oiseau, après deux heures d'expérience, ne présente aucun symptôme ;

2° De 1 p. 500 l'oiseau ouvre le bec 10 minutes après le début, 45 minutes après les paupières sont fermées et il y a de la dyspnée, 40 minutes après la respiration est très lente, 7 minutes ensuite, arrêt de la respiration ; c'est donc 1 h. 41 après le début de l'expérience ;

3° De 1 p. 400 les mêmes symptômes se reproduisent, mais plus rapidement, l'oiseau mourant en 1 h. 10.

Or Mosso et ses élèves ont montré que les symptômes d'intoxication ne débutent pour l'homme que pour $1/230$ d'oxyde de carbone. Nous devons donc pour estimer qu'il y a danger observer les symptômes précédemment décrits avec une succession encore plus rapide que celle signalée dans la dernière expérience de Grehant.

Comparaison des deux méthodes.

Après une série d'expériences, nous estimions qu'il y avait danger quand l'oiseau battait des ailes durant le premier quart d'heure, ce qui correspon-

dait à la teinte légèrement grise signalée dans l'étude de l'appareil détecteur L. D. La raie jaune correspondait à une vague inquiétude de l'animal, chez la souris elle se manifestait en particulier par le passage de son museau à travers les barreaux de la cage, comme si l'animal voulait s'en aller.

La méthode chimique nous a toujours paru supérieure, car les résultats pour un même milieu concordent, ce qui ne nous arrivait pas toujours par la méthode physiologique.

DEUXIÈME PARTIE

Etude clinique.

Après avoir vu, dans la première partie de cet ouvrage, la formation du gaz de mines, le moyen de s'en défendre et de le déceler, nous allons étudier maintenant les symptômes, puis leurs explications au point de vue anatomo-pathologique et enfin le traitement immédiat, laissant les symptômes indirects et futurs et le traitement consécutif, qui furent étudiés par tant d'auteurs d'une façon magistrale dans les différents travaux sur l'intoxication par le gaz d'éclairage ou d'autres sources d'oxyde de carbone.

Mais avant, nous tenons à faire remarquer que les cas traités par ces auteurs sont soit des intoxications chroniques venant d'un dégagement lent et continu d'oxyde de carbone, soit des intoxications subaiguës où la teneur en oxyde de carbone est peut-être forte mais non massive. Au contraire, en guerre de mine, les intoxications sont toujours massives, donnant le maximum de symptômes dans un temps de durée très court; les sapeurs connaissant le danger, se sauvant ou prenant leurs dispositions immédiatement.

Symptomatologie.

Quand un sapeur mineur est intoxiqué par des émanations gazeuses, il présente d'abord les symptômes suivants : une sensation de malaise, suivie de lourdeur de tête avec constriction et battement des tempes. Puis apparaît une céphalalie généralement antérieure, pouvant être dans certains cas postérieure. Le pouls devient rapide.

OBSERVATION I.

M... Edouard, sort par ses propres moyens de la mine le 8 février 1917, avec céphalée, bourdonnement des oreilles, vertiges, vomissements, marche ébrieuse, pouls 143.

Après un simple séjour à l'air libre, les phénomènes s'amendent, le blessé tombe dans la somnolence et s'endort. Au réveil une simple céphalée subsiste, le pouls est un peu plus rapide.

Si l'intoxication continue, le blessé présente déjà une lassitude légère mais qui va en s'aggravant si l'action de l'oxyde de carbone continue. S'il possède encore suffisamment de force pour chercher à partir,

sa démarche est caractéristique, surtout dans une galerie où il peut se tenir debout. Il oscille d'un mur à l'autre, marche doucement, n'ose mettre un pas devant l'autre. Se rendant compte de son état, il s'accroche à tous les points d'appui qu'il peut rencontrer. Il rappelle la démarche d'un homme pris de boisson, et cette analogie a fait donner à cette phase le nom d'ivresse oxycarbonée. La respiration est encore normale, le pouls est rapide, atteignant 160 pulsations à la minute, et la température commence à s'élever.

OBSERVATION II.

N... Pierre, partant faire une écoute est ramené par son camarade le 3 juillet.

Agitation, céphalée violente, facies cyanosé, mydriase, exagération des reflexes tendineux, morsures de la langue, pouls 160.

Soigné par l'appareil Dumouthiers, le blessé se calme et tombe dans la somnolence. Il dort au poste de secours, puis rejoint le lendemain le cantonnement de repos de sa compagnie, possédant encore de la céphalée et une asthénie assez forte. Purgé et laissé au repos quelques jours, il reprend ensuite son travail.

Après cette période, la lassitude a augmenté et une asthénie très forte est venue surprendre le blessé. Il sait parfaitement le danger résultant du séjour à l'endroit où il se trouve et pourtant il s'asseyait, se couche même, ne pouvant plus rien tenter. A ce propos, Bruneau écrivait : « La victime n'aurait qu'un cri à pousser pour être secourue, qu'un mouvement à faire pour être sauvée, mais elle est réduite

à l'impuissancé. Ce phénomène est si soudain que les personnes surprises dans un même accident ne peuvent se porter secours les unes aux autres. Elles sont terrassées au même instant ». Cette asthénie physique est suivie rapidement d'une asthénie mentale. Le blessé est devenu non seulement un corps inerte, mais un esprit inerte.

A cette période d'inertie succède une période convulsive. Le blessé crie, s'agite, son maintien sur le brancard est difficile et nécessite parfois l'usage de liens. Durant cette phase convulsivante, on note constamment des morsures de la langue. Pour toutes les intoxications un peu fortes, nous avons constamment observé cette forme convulsive épileptiforme, et Favre, dans sa thèse, la note dans toutes ses observations. Pourtant Brouardel a nié cette phase qui est admise par Thoinot et de Nobelé. La guerre de mine qui a produit tant de cas d'intoxication oxycarbonée vient donner raison à ces deux auteurs. D'ailleurs, dans des expériences sur des animaux on a obtenu d'une façon constante les mêmes phénomènes d'agitation.

Pendant ce temps le pouls diminue et la température augmente. A ce propos, si nous prenons une à une les observations publiées par Favre, où se trouve la température des blessés, température que nous n'avons pu prendre, nous notons qu'elle oscille pour les cas légers entre 37°9 et 40°2, pour les cas graves entre 39°5 et 40°7. D'une façon constante, nous voyons le thermomètre indiquant un chiffre supérieur à la moyenne. Or, les auteurs dans leurs manuels

déclarent que dans l'intoxication oxycarbonée, la température est abaissée. C'est une contradiction aux faits rapportés par Favre. D'après eux, au contraire, nous devons conclure à une élévation de température. D'un autre côté, si le nombre de pulsations à la minute augmente dans les cas légers, il n'est plus de même dans les cas graves où une bradycardie s'établit. En comparant la température et le pouls dans les différentes phases, on voit que plus l'une s'élève, plus l'autre s'abaisse. Dans l'observation XII, par exemple, Favre note un pouls de 60 pour une température de 40°5. La courbe de la température est donc inverse de celle du pouls qui, en outre, dans les cas graves est filiforme, irrégulier et intermittent.

Enfin les symptômes s'aggravant, le blessé tombe dans le coma, les mouvements respiratoires deviennent de plus en plus faibles, puis a lieu une syncope respiratoire bientôt suivie d'une syncope cardiaque.

OBSERVATION III.

Lieutenant P..., ramené du fond de la mine dans le coma le 10 juillet, il présente une respiration très faible, le pouls est filiforme et rapide. La langue présente une lésion due à des morsures, mais le blessé ne bouge pas et reste étendu sur le brancard. Exagération des reflexes.

On lui fait respirer de l'oxygène au moyen de l'appareil Dumouthiers pendant 5 minutes, puis on s'arrête un instant pour recommencer. Injection de 12 cm³ d'huile camphrée. A la troisième respiration oxygénée, le blessé commence à répondre à l'appel de son nom, mais reste inerte. La parole est embarrassée, rappelant celle d'un homme ivre. Peu après l'agitation apparaît, et abandonné, le blessé tombe dans la somnolence. Il est évacué sur le G. B. D.

En outre, ces symptômes s'aggravent si le blessé est ramené directement à l'air libre. Nous nous souvenons qu'un jour, nous trouvant au fond de la mine Z, en Argonne, un sapeur mineur perfora une poche remplie de gaz. Le dégagement fut subit, un malaise s'empara rapidement de nous et nous sentîmes l'odeur du gaz. Nous disons nous sentîmes, car si l'oxyde de carbone ne possède pas d'odeur, les émanations gazeuses dues à la déflagration d'explosifs possèdent une odeur spéciale *sui generis*. La grandeur de la galerie nous permettait la course. Nous courûmes à l'air libre ne ressentant à ce moment qu'une cephalée avec constriction de la tête. Sitôt dehors nous fûmes immédiatement pris par l'ivresse oxycarbonée avec marche ébrieuse. Frappé de cette aggravation de symptômes, nous recommençâmes les jours suivants la même épreuve. Nous eûmes toujours l'aggravation constatée précédemment. Nos blessés, que nous sortions rapidement pour les soustraire le plus vite possible de l'air toxique, présentaient également cette aggravation. Comparant alors l'air de la mine à celui d'une caisse à plongeur, nous eûmes l'idée d'écuser nos blessés en les faisant rester un instant à l'entrée de la mine avant de les mettre à l'air libre. A cet endroit ils subissaient encore l'effet des émanations gazeuses, mais légèrement, puis on les amenaient à l'air libre. En suivant cette technique, nous n'eûmes plus l'aggravation des symptômes.

Cette symptomatologie croissante que nous venons de décrire correspond à une intoxication aiguë, ob-

servée sur différents blessés, ne provenant pas d'une intoxication plus ou moins longue, mais plus ou moins forte. En effet, les sapeurs mineurs ayant été à peu près tous l'objet d'une ou plusieurs intoxications partaient dès le moindre malaise et, pour constater des cas graves, il fallait que l'oxyde de carbone agisse brusquement, par masse et non par accumulation. C'est le cas le plus fréquent, les poches de gaz se vidant généralement par un orifice créé par les mineurs d'une façon subite. Ces derniers se trouvaient donc tout d'un coup dans un milieu fortement oxycarboné. Malgré cela, nous avons constaté quelques cas d'intoxications subaiguës ou même chroniques. Comme nos observations coïncident avec celles de différents auteurs, nous ne les étudierons pas.

Anatomie pathologique.

Au point de vue anatomie pathologique, nous avons deux faits à expliquer :

- 1° L'action de l'oxyde de carbone ;
- 2° Cette aggravation de symptômes signalée dans le dernier paragraphe du chapitre précédent.

Action de l'oxyde de carbone.

Pour expliquer l'action de l'oxyde de carbone, deux théories sont en présence : les uns veulent que l'oxyde de carbone, gaz inerte en dehors de son affinité avec l'hémoglobine, agisse uniquement en privant l'organisme d'oxygène ; les autres attribuent à l'oxyde de carbone une action délétère propre sur les protoplasmas cellulaires.

Grehant, Haldane, Mosso, Nicloux, ont démontré que la cause de l'intoxication oxycarbonée mortelle est l'anoxhémie. Certains pourtant ne nient pas l'action toxique propre de l'oxyde de carbone mais n'accordent pas à cette action une valeur importante.

Claude Bernard a montré, dans des expériences demeurrées célèbres, que l'oxyde de carbone déplace

l'oxygène contenu dans le sang volume par volume. De plus la combinaison que forme l'oxyde de carbone avec l'hémoglobine est plus fixe que celle formée par l'oxygène.

Grehant a montré en outre que, quelle que soit l'action de l'oxyde de carbone, il reste toujours une quantité d'hémoglobine capable de véhiculer de l'oxygène, mais cette quantité est insuffisante pour la vie des tissus.

Dans les différentes expériences qui ont été faites, on s'est aperçu que la quantité d'oxyde de carbone nécessaire pour obtenir la mort varie avec l'animal employé. Pour faire l'analyse de l'oxyde de carbone fixé, comme il agit surtout sur l'hémoglobine, on prend une quantité de sang fixe, 100 cc., où l'on recherche la quantité de C. O., soit au moyen de la pompe à mercure, comme le préconise Grehant, ou avec l'appareil de Nicloux. On obtient ainsi, chez les différents animaux, des résultats différents, mais si on ramène ceux-ci au poids du corps, les résultats concordent.

Cette concordance est encore beaucoup plus grande, en calculant avec les résultats obtenus, ce que Grehant nomme le coefficient d'empoisonnement défini par Balthazard et Nicloux : « Le rapport de la quantité d'hémoglobine rendue inutilisable par suite de sa combinaison avec l'oxyde de carbone, à la quantité d'hémoglobine totale pour un volume déterminé ».

D'après cette définition, on voit que le coefficient d'empoisonnement, dont la valeur est comprise entre

0 et 1 donne la véritable mesure de l'anoxhémie. Si on le multiplie par cent, la valeur obtenue exprime le pourcentage d'hémoglobine demeurée indisponible pour l'hématose.

Malgré le peu de variabilité de ce coefficient, sa valeur diffère quand même dans une certaine mesure. Dans différentes expériences, Balthazard et Nicloux ont obtenu des résultats dont le coefficient d'empoisonnement varie entre 0,77 et 0,42. Pour expliquer cela, ces auteurs mettent en face : la durée de l'intoxication et l'on s'aperçoit que la durée d'empoisonnement et la valeur du coefficient sont en raison inverse, la mort survenant par une anoxhémie d'autant plus grande que la quantité d'oxyde de carbone est plus forte dans l'air ambiant, puisque la durée d'empoisonnement est plus faible. De plus, ce coefficient, dont la valeur moyenne est 0,66, montre que la mort survient quand les $\frac{2}{3}$ de l'hémoglobine sont saturés par l'oxyde de carbone.

En regardant ces coefficients, nous voyons que la mort a lieu dans les expériences de Nicloux et Balthazard, n^{os} XII, XIII, XIV, XV (rapport au 3^e congrès de médecine légale de langue française), par une valeur variant entre 0,55 et 0,42. Ceci nous montre que la moitié de l'hémoglobine seulement est vicié. Or, il est difficile d'admettre qu'un être privé de la moitié de la valeur vitale de son sang au point de vue oxygène meurt. L'état est fort grave, la mort non. De plus, nous avons noté en symptomatologie les gens frappés brusquement, dont toute action est annihilée tout d'un coup, fait constaté par nous dans

les mines, vu par les auteurs dans les grands incendies : Bazar de la Charité, Opéra-Comique de Paris, etc. Il est vrai que si nous suivions la progression du coefficient d'empoisonnement, sa valeur doit être fort élevée. Mais il est inadmissible que le sang fixe d'un coup l'oxyde de carbone sur toute l'hémoglobine. Il faut le temps de son passage à travers le poumon, révolution qui demande un certain temps (10 à 12 secondes minimum chez le chien). De plus la respiration peut être supprimée volontairement une à deux minutes. Lewin montre, d'un autre côté, que certains empoisonnements laissent des altérations durables du système neuro-musculaire, allant jusqu'à la paralysie partielle du cœur. D'un autre côté, Herlitzka note pour une intoxication forte et rapide une excitabilité du bulbe et de l'écorce. Ces phénomènes relèvent peut être en partie de l'ischémie produite, mais certainement aussi d'un phénomène toxique.

Si, en outre, on se reporte aux travaux de Richter, on note l'analogie chimique entre l'acide cyanhydrique $= C = N H$ et l'oxyde de carbone $= C = O$, deux corps totomériques. Cette similitude de composition nous amène à rechercher une analogie de phénomènes d'intoxication. Or les symptômes dus à l'acide cyanhydrique sont :

1° Angoisse, nausées, cephalés, vertige, marche titubante ;

2° Accélération du pouls trismus, mouvements convulsifs ;

3° Respiration infime, cœur lent, abaissement de la température, coma.

Ils correspondent avec ceux obtenus par l'oxyde de carbone. De plus, nous savons que l'action de l'acide cyanhydrique est surtout bulbaire. Herlitzka montre une affinité du CO pour le bulbe. Comment donc, avec une telle analogie, ne pas admettre que l'oxyde de carbone à dose massive n'ait pas une action similaire à celle de l'acide cyanhydrique, qui est un corps toxique.

Si nous admettons cette action, on comprendra naturellement que le blessé présente des mouvements convulsifs ne devant rien à des antécédents épileptiques.

Autre raison, les observations de nos blessés, celles données par Fabre dans sa thèse, montrent un syndrome épileptique avec morsure de la langue. L'étiologie de ces blessés ne fut pas faite, ce qu'ils devinrent plus tard, on ne sait, mais comment admettre qu'ils soient tous atteints du « haut mal » ?

Pour toutes ces raisons, nous croyons que si l'oxyde de carbone agit par anoxhémie, il agit également par toxicémie.

Action de l'azote.

Nous avons noté en outre, dans les symptômes, un phénomène d'aggravation quand on ne pratiquait pas l'éclusage des blessés. Rapportant ce phénomène à M. le Professeur Etienne Martin, il nous invita à chercher à solutionner la question en voyant les rapports qu'il pouvait y avoir avec la « maladie des caissons ». Nous dirigeâmes nos travaux dans ce sens.

Etudiant alors les pressions dans le milieu ambiant des mines et dans le milieu extérieur, nous n'avons constaté aucune différence sensible. Nous avons alors pris chaque gaz séparément. Les tensions respectives sont différentes, avec surtension de l'oxyde de carbone et de l'azote dans le milieu de la mine. Paul Bert étudiant l'effet de ces hypertensions sur l'homme, a d'abord confirmé l'opinion de Robert Bayle qui déclare que les accidents sont dus au non éclusage des gens qui viennent de se trouver dans un milieu hypertendu, et sont dus à un dégagement des gaz, tenus en dissolution dans les liquides de l'organisme et surtout à l'accumulation de bulles gazeuses dans le réseau capillaire que baigne les tissus.

Paul Bert démontra en outre qu'il ne faut pas incriminer l'oxygène ou le gaz carbonique, mais l'azote seul qui devient en excès dans le sang et les divers liquides de l'organisme se sépare à l'état libre au moment de la décompression, distendant les capillaires et les traversant pour se rendre dans les mailles du tissu cellulaire en formant dans le réseau capillaire de la moelle épinière des obstructions par embolie gazeuse qui produisent des paralysies plus ou moins graves par ischémie passagère et ramollissement de la moelle.

De ce résultat, nous insisterons sur les deux points différents :

1° Une dissolution plus grande d'azote ;

2° La conséquence est une ischémie de la moelle.

Or, si nous revenons à la première partie de ce travail, nous voyons que les mineurs emploient sur-

tout de la cheddite. Celle-ci, dans sa combustion, produit une énorme quantité d'azote qui n'est pas moindre que la moitié de celle de l'oxyde de carbone. Pour un camouflet moyen de 4 tonnes, obtenant 105 litres d'azote au kilog d'explosif, nous avons 420.000 litres d'azote. Donc, en cas d'émanation gazeuse, la tension de l'azote varie d'une façon considérable, comparativement à celle de l'air extérieur. Cet azote se dissout dans le sang comme si la quantité de ce gaz n'avait varié que par suite de son accumulation due à une surpression. Nous sommes donc dans les conditions d'une cloche à plongeur, et les déductions de Paul-Bert sont assimilables à celles que l'on peut faire pour un mineur. De là les conclusions : nous aurons des accidents par l'azote.

L'azote agit par ischémie sur la moelle, dit Paul Bert. De l'oxyde de carbone apparaissant, le sang agit par ischémie sur tout l'organisme, donc sur la moelle. Au moment de la décompression, les actions de ces deux gaz étant dans le même sens s'ajoutent, et nous constatons l'aggravation signalée. Si, au contraire, par l'éclusage, nous empêchons l'action de l'azote, nous n'aurons pas d'augmentation de symptômes.

Traitement.

Nous venons de voir que l'intoxication par émanation gazeuse en guerre de mine est principalement due à l'oxyde de carbone, l'azote pouvant être éliminé par l'éclusage. Le traitement aura donc pour but la régénération des globules rouges et l'élimination des produits toxiques produits par le CO.

Grehant étudiant la disparition de l'oxyde de carbone du sang faisait respirer pendant 15 minutes à un chien, un mélange d'air et de CO de 1/100^e qui tue généralement en 20 minutes. Puis il faisait respirer de l'air pur. Calculant ensuite l'oxyde de carbone contenu dans 100 cc. du sang, il obtenait :

A la fin de l'empoisonnement. 18,1

Après une heure de respiration d'air pur . 10,5

Après deux heures 5,4

Après trois heures 4,5

24 heures après des traces seulement existaient encore. Balthazard et Niclaux ont montré qu'au bout de 29 heures, il n'existe dans le sang de l'homme soumis aux mêmes conditions qu'une quantité d'oxyde de carbone d'une valeur à peine double à celle contenue normalement.

Grehant fit également l'expérience avec une respiration d'oxygène pur au lieu d'air et obtint les résultats suivants :

A la fin de l'empoisonnement.	16,2
Après 15 minutes de respiration d'O . . .	5,2
Après 30 minutes.	3,4
Après 60 minutes.	1,1

Ces chiffres montrent que l'oxyde de carbone s'élimine avec une certaine vitesse, le blessé respirant de l'air pur, vitesse bien plus grande si l'air est remplacé par de l'oxygène. Mon collègue et ami Dumouthiers a montré en outre que cette élaboration était encore bien plus rapide si l'oxygène possédait une certaine pression; pression limitée par la résistance des alvéoles pulmonaires.

De là résulte notre traitement :

- 1° Respiration d'oxygène sous pression ;
- 2° Soutenir le cœur du blessé ;
- 3° Si la capacité respiratoire du sang est trop affaiblie faire la transfusion du sang ;
- 4° Eliminer les produits toxiques.

L'étude des médications 2, 3 et 4 ne nous retiendront plus. Il suffit d'employer les moyens habituels.

Pour faire la première médication, le procédé le plus couramment employé est l'usage d'un ballon de caoutchouc d'une contenance de 10 à 20 litres, lequel est en relation avec une tétine par un tube en caoutchouc. Ce procédé est défectueux, car il y a une perte énorme d'oxygène et de plus l'air se mélange à l'oxygène diminuant l'action de ce dernier.

Legendre, dans une notice, préconise un artifice

qui permet de faire respirer le blessé dans un milieu plus oxygéné et avec moins de pertes. Pour ceci, il fixe dans un masque M_2 employé contre les gaz asphyxiants la tétine. L'espace compris entre la face et le masque formant chambre à gaz. Nous reprochons à ce procédé, d'abord de ne pas mettre l'homme dans un milieu d'oxygène pur, les compresses laissant passer l'air. Legendre y voit, au contraire, un avantage, déclarant que si l'oxygène n'arrive plus le malade peut toujours respirer l'air qui passe à travers les compresses. Nous répondrons que lors du traitement d'un blessé le médecin ne va pas fumer une cigarette au dehors de son poste de secours, mais reste à son chevet et il lui est facile de savoir quand le dégagement d'oxygène s'arrête surtout en se servant d'obus, le gaz sifflant en se décompressant. Le deuxième avantage que stipule cet auteur est l'échappement possible du gaz si le débit devient trop grand. Nous répondrons qu'il n'y a qu'à se servir d'un détendeur, appareil robuste pour celui qui sait s'en servir. En outre, si une surpression se produisait les gaz partiraient par les côtés du masque, n'ayant nullement besoin de prendre le chemin des compresses. De cette discussion, nous croyons qu'il y aurait avantage dans l'appareil décrit par Legendre de se servir d'un masque étanche en caoutchouc, par exemple analogue à celui employé dans l'appareil Tissot.

Enfin signalons l'appareil que créa Dumouthiers. Cet appareil est constitué en principe par une pompe aspirante et foulante à deux pistons dépendant l'un de l'autre et disposés de telle façon que l'un placé en

haut de sa course, l'autre se trouve en bas. Ces deux pistons sont mus par la force de décompression de l'oxygène situé dans un obus. Par cet appareil, l'oxygène est forcé de suivre un circuit sous une pression donnée et réglable à tout instant par un détendeur. Dans le circuit que parcourt l'oxygène se trouve un masque en aluminium muni d'un bourrelet pneumatique. Ce masque est appliqué fortement sur la face. L'appareil étant mis en marche, l'oxygène arrive sous pression au masque et pénètre dans les alvéoles pulmonaires, puis la pompe combinant son action aspire cet air qui se trouve situé dans le poumon, le vide, pour le remplir d'une nouvelle quantité d'oxygène pur, sous pression, durant le second temps. En résumé, l'appareil Dumouthiers opère un lavage sous pression du poumon par de l'oxygène pur. Ce sont les meilleures conditions pour régénérer l'hémoglobine.

CONCLUSIONS

I. — Parmi les trois formes d'intoxication oxy-carbonée : aiguës, subaiguës et chroniques, celle que nous avons rencontré habituellement en guerre de mine est la forme aiguë, l'oxyde de carbone agissant d'une façon massive sur l'organisme humain.

II. — Parmi les symptômes spéciaux observés par nous, nous attirons l'attention :

1° Sur la très grande fréquence des phénomènes convulsifs accompagnés de morsure de la langue, symptômes qui ont été constants dans toute intoxication grave.

2° Sur l'aggravation des symptômes au moment de la sortie des blessés de la mine, si les blessés n'ont pas été éclusés avant d'être exposés à l'air libre.

3° Sur les modifications de la température et du pouls, surtout dans les formes graves. Au début : tachycardie, puis la température s'élève et le pouls devient peu fréquent (bradycardie). La température et le pouls marchent d'une façon inverse.

III. — Les ventilateurs servant à lutter contre l'invasion d'une mine par les gaz, doivent aspirer l'air quand des émanations oxycarbonées se produisent, l'inspirer quand l'analyse qualitative du milieu ne révèle pas d'oxyde de carbone et que la mine est complètement infectée.

IV. — Les appareils actuels nécessitent une liberté de mouvement et une force de volonté pour les supporter que ne laisse pas toujours l'asthénie brusque déterminée par l'intoxication oxycarbonée. Pour lutter d'une façon efficace contre les émanations gazeuses en guerre de mine, l'idéal serait donc de posséder des appareils à fonctionnement automatique.

Le Président de la thèse,

ETIENNE MARTIN.

VU :

Le Doyen,

L. HUGOUNENQ.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Lyon le 10 mars 1919.

Le Recteur,

Président du Conseil de l'Université,

JOUBIN.

BIBLIOGRAPHIE

BALTHAZARD. — Précis de médecine légale.

— Rapport au III^e Congrès de médecine légale de langue française.

BALTHAZARD et NICLOUX. — Coefficient d'empoisonnement dans les intoxications mortelles oxycarbonées chez l'homme.

BERT (Paul). — La pression barométrique.

BROUARDEL. — Traité des intoxications.

— Asphyxie par les gaz et vapeurs.

COURTOIS-SUFFIT. — Etude des améliorations d'hygiène dans l'industrie des poudres.

COURMONT. — Précis d'hygiène.

COURMONT, MOREL et MOURIQUAND. — Intoxication oxycarbonée dans ses formes frustes. (Bulletin académie de médecine, 1910.)

FAVRE (Marcel). — Quelques cas d'intoxication par les gaz d'explosion dans la guerre de mine. (Th. Lyon, 1917.)

FADEUILHE. — De la suffocation et, en particulier, de la suffocation dans un espace clos. (Th. Lyon, 1897.)

GREHANT. — Les poisons de l'air.

— Intoxication oxycarbonée. (Arch. d'anthropologie criminelle.)

LACCASSAGNE, Et. MARTIN, NICLOUX. — Analyse des gaz du sang.

— Etude de l'intoxication oxycarbonée.

LEWIN. — Traité de toxicologie.

NICLOUX. — Les lois de l'absorption du CO par le sang *in vivo* et *in vitro*. (Journal de physiologie et de pathologie générale, 1914).

— L'instabilité de l'hémoglobine oxycarbonée en présence d'O.

OGIER. — Traité de toxicologie.

ROQUES DE FURSAC. — Intoxication oxycarbonée chronique. (Rapport au III^e Congrès de médecine légale de langue française.)

RICHET (Ch. fils). — Phénomènes postaphysiques. Syndrome secondaire de l'asphyxie. (Arch. de méd. expér., 1910.)

RICHTER'S. — Chemie der Kohlenstoffverbindungen Oder organische chemie.

THOINOT. — Précis de médecine légale.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	7
INTRODUCTION	9

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

Les émanations gazeuses en guerre de mine.....	11
§ 1 ^{er} . Émanations gazeuses provenant du mineur et de la mine.....	12
§ 2. Émanations gazeuses provenant des explosifs.....	16

CHAPITRE II.

Lutte contre la toxicité de l'air ambiant.....	21
§ 1 ^{er} . Appareils pneumatiques : ventilateur.....	24
§ 2. Appareils respiratoires en général.....	26
§ 3. Appareil respiratoire A. M. G.....	28
§ 4. Appareil respiratoire Draeger.....	29
§ 5. Appareil respiratoire M. G. G., type Fenzy.....	31
§ 6. Appareil respiratoire personnel.....	33
§ 7. Inconvénients et modifications personnelles de l'embouchure employée dans les différents appareils respiratoires.....	36
§ 8. Masque contre l'oxyde de carbone.	40

CHAPITRE III.

Les détecteurs de l'oxyde de carbone.....	42
§ 1 ^{er} . Appareil détecteur L. D., réactif chimique... ..	42
§ 2. Oiseaux et souris, réactifs physiologiques.....	44
§ 3. Comparaison des deux méthodes.....	45

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER.

<i>Étude clinique</i>	47
-----------------------------	----

CHAPITRE II.

<i>Symptomatologie</i>	48
------------------------------	----

CHAPITRE III.

<i>Anatomie pathologique</i>	54
§ 1 ^{er} . Action de l'oxyde de carbone.....	54
§ 2. Action de l'azote.....	58

CHAPITRE IV.

<i>Traitement</i>	61
-------------------------	----

CONCLUSIONS.....	65
------------------	----

